

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-148625

(43)Date of publication of application : 25.06.1991

(51)Int.Cl.

G02F 1/035  
G02B 6/12

(21)Application number : 01-287383

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 06.11.1989

(72)Inventor : KONO KENJI  
KITO TSUTOMU  
NOZAWA TOSHINORI

## (54) OPTICAL DEVICE

### (57)Abstract:

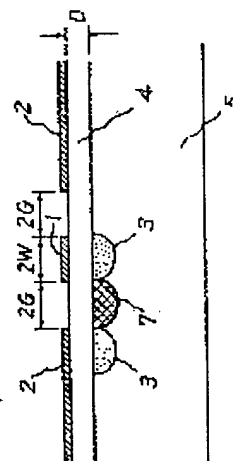
PURPOSE: To realize a fast, low-driving-voltage optical modulator by forming a material which reduces a refractive index by heat diffusion or embedding technique between Mach-Zehnder type optical waveguides formed on a substrate and coupling the waveguides roughly with each other.

CONSTITUTION: On an  $\text{LiNbO}_3$  substrate 5, a pattern of Ti as a 1st diffused body is formed by a normal lift-off method.

Namely, the substrate 5 is coated uniformly with photoresist, which is exposed by using a photomask and then developed to form a groove which is several  $\mu\text{m}$  wide in the same shape with the waveguide pattern. Further, Ti is vapor-deposited on the entire surface to hundreds of  $\text{\AA}$ ; and the resist is removed by a remover to form the waveguide pattern 3 of Ti.

Then a low-refractive-index part 7 is formed between the optical waveguides 3 by diffusing  $\text{MgO}$  by the same method on the substrate 5 where the optical waveguides 3 are formed.

Thus, the two optical waveguides which constitute the Mach-Zehnder optical waveguide 3 can be coupled roughly, so the gap between the two waveguides can be made narrow and the thickness D of a buffer layer is made large to realize band improvement.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-148625

⑪ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)6月25日

G 02 F 1/035  
G 02 B 6/12

D  
J 8106-2H  
7036-2H  
7036-2H

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全5頁)

⑭ 発明の名称 光デバイス

⑮ 特 願 平1-287383

⑯ 出 願 平1(1989)11月6日

⑰ 発 明 者 河 野 健 治 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑱ 発 明 者 鬼 頭 勤 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 発 明 者 野 沢 敏 矩 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉑ 代 理 人 弁理士 杉村 暁秀 外1名

明 細 書

1. 発明の名称 光デバイス

2. 特許請求の範囲

1. 光変調を行う光デバイスにおいて、基板上に第1の物質を、熱拡散または埋め込み技術により形成したマッハツェンダ形光導波路の導波路間に、屈折率を低減する第2の物質を熱拡散もしくは埋め込み技術により形成し、前記導波路間の結合を疎にしたマッハツェンダ形光導波路と光変調用電極を有することを特徴とする光デバイス。

2. 特許請求の範囲第1項記載の光デバイスにおいて、前記光変調用電極を伝ばんするマイクロ波実効屈折率が光導波路を伝ばんする光の実効屈折率に近づくように、前記光変調用電極と前記導波路を具備した基板との間に設けられたバッファ層を厚くしたことを特徴とする光デバイス。

3. 特許請求の範囲第1項記載の光デバイスにおいて、前記光変調用電極を伝ばんするマイクロ波の実効屈折率が光導波路を伝ばんする光の実効屈折率に近づくようオーバーレイ層を設けたことを特徴とする光デバイス。

4. 特許請求の範囲第2項記載の光デバイスにおいて、前記光変調用電極を伝ばんするマイクロ波の実効屈折率が光導波路を伝ばんする光の実効屈折率に近づくように、前記光変調用電極と前記導波路を具備した基板との間に設けられたバッファ層を厚くするとともに、シールド導体を前記光変調用電極の近くに設けたことを特徴とする光デバイス。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は高速・低駆動電圧光変調素子に関するものである。

(従来の技術)

第6図は、Z-cut LiNbO<sub>3</sub>基板5を用いた従来形構造のマッハツェンダ形光変調器(河野他:昭和63年電子情報通信学会秋期全国大会C-195)の一例の構造図である。この図では、コプレーナウエ

ープガイド(CPW) 進行波電極の中心導体幅 $2W$ が $8\mu\text{m}$ 、アース導体 $2$ とのギャップ $2G$ が $34\mu\text{m}$ 、バッファ層 $4$ の厚み $D$ を $4000\text{\AA}$ としている。

この構成では、帯域と駆動電圧の比を増大するためには、バッファ層厚を大きくし、かつ $2W$ が一定の場合、 $2W/2G$ を大きく、すなわちギャップを小さくすればよい。しかし $2$ 本のマッハツェンダ光導波路が互いに結合するので、 $2$ 本の光導波路は方向性結合器の特性を持ち、マッハツェンダ光変調器としての動作が不可能になる。

また中心電極 $1$ とアース導体 $2$ とのギャップが極端に小さい場合は、導体エッジへの電流集中が生じ、逆に $3\text{dB}$ 光変調帯域 $\Delta f$ が狭くなってしまふという欠点があった。

第 $7$ 図は従来形構造のマッハツェンダ形光変調器(H. Haga et al.; IEEE Journal of Quantum Electronics, vol. QE-22, No. 6, pp. 902-906, 1986)の他の例の構造を示しており、電極として非対称コプレーナストリップを用いている。

この構成では、低屈折率層として溝 $6$ をRIE

路の導波路間に、屈折率を低減する第 $2$ の物質を熱拡散もしくは埋め込み技術により形成し、前記導波路間の結合を疎にしたマッハツェンダ形光導波路と光変調用電極を具備する。

従来の技術とは低屈折率層の形成技術およびバッファ層の厚み等が異なる。

#### (実施例)

以下、図面により本発明の実施例を詳細に説明する。

第 $1$ 図は本発明の第 $1$ の実施例を示す図であって、 $1$ は中心電極、 $2$ はアース導体、 $3$ はマッハツェンダ光導波路、 $4$ はバッファ層、 $5$ は $Z$ -cut  $\text{LiNbO}_3$ 基板である。ここで $7$ は $\text{MgO}$ を熱拡散して形成した低屈折率層である。以下この光導波路部分についての製造方法を説明する。

まず、 $\text{LiNbO}_3$ 基板 $5$ 上に通常のリフトオフ法により第 $1$ の拡散物質として $\text{Ti}$ のパターンを形成する。すなわち、例えば $\text{LiNbO}_3$ 基板 $5$ 上にフォトレジストを一枚にスピナーで塗布し、フォタマスクを用いて上記レジストを露光した後、現像するこ

(リアクティブイオンエッチング)により形成しているので、製作が容易でない。また光導波路の極めて近くまでエッチングすると、エッチング壁による導波光の散乱損失が増加してしまう。

また、バッファ層を用いていないので、電極によるマイクロ波の伝ばん損失が大きく、中心導体 $1$ とアース導体 $2$ を近づけると急激にマイクロ波伝ばん損失が増大し、高速化が図れないという欠点があった。

(発明が解決しようとする課題)

本発明はマッハツェンダ光導波路間の結合に起因する問題を解決した高速・低駆動電圧光変調器を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

本発明の光デバイスは、マッハツェンダ形光導波路の間に光の屈折率を低減する物質を拡散等により形成する。

すなわち本発明は、光変調を行うデバイスにおいて、基板上に第 $1$ の物質を、熱拡散または埋め込み技術により形成したマッハツェンダ形光導波

とにより導波路パターンと同形の幅数 $\mu\text{m}$ の溝を形成する。さらに全面に $\text{Ti}$ を数 $100\text{\AA}$ 蒸着した後、レジストをリムーバで除去すれば $\text{Ti}$ の導波路パターンが形成される。その後、数時間にわたり温度を約 $1000^\circ\text{C}$ 程度に上げ、 $\text{Ti}$ を $\text{LiNbO}_3$ 基板 $5$ 中に拡散させる。

次に、このようにして光導波路 $3$ を形成した $\text{LiNbO}_3$ 基板 $5$ 上に再度レジストを一枚に塗布した後、光導波路 $3$ の間以外の部分のレジストを同様の手法で除去する。さらに、例えば第 $2$ の拡散物質としての $\text{MgO}$ を全面に蒸着した後、レジストをリムーバで除去し、 $\text{MgO}$ の薄膜パターンを形成する。

この後、この $\text{LiNbO}_3$ 基板を数 $100^\circ\text{C}$ (例えば $900^\circ\text{C}$ 程度)に上げることににより、第 $1$ 図に示すように、前もって拡散した $\text{Ti}$ の分布を変えることなく、 $\text{MgO}$ を光導波路 $3$ の間に拡散して低屈折率部 $7$ を設けることができる。

第 $2$ 図(a), (b), (c)はその結果生じる屈折率差 $\Delta n$ の分布を示す。第 $2$ 図(a)は $\text{Ti}$ のみを熱拡散し

た場合の屈折率差 $\Delta n$ の分布を示し、横軸の $x$ は距離を示す。また、第2図(b)はMgOのみを熱拡散した場合の屈折率差 $\Delta n$ の分布を示し、MgOが拡散された部分の屈折率差 $\Delta n$ は負となっていることがわかる。第2図(c)はTiとMgOの双方を拡散した場合の屈折率差 $\Delta n$ の分布を示し、第2図(a)と第2図(b)とを重畳したものとなっており、Ti部分において現れる屈折率差 $\Delta n$ のピーク値とそのわきのMgO部分において現れる最小値との差は、Tiのみを熱拡散した第2図(a)の場合と比較して大きくなっている。

つまり第2図(c)からわかるように、マッハツェンダ光導波路3を構成する二つの光導波路間の結合を強にすることができるので、二つの導波路間のギャップを近づけることができる。なお、導波路幅が $6\mu\text{m}$ のとき、従来の構成では、導波路間の結合を避けるため、ギャップは $15\mu\text{m}$ 程度が限界であった。つまり $2W/2G=0.53$ であった。

第3図(a)、(b)は、それぞれ $2W/2G$ に対するオプティカル3dB帯域と電気カル3dB帯域を示す。

である。第5図において、10は半導体基板9に形成した光導波路であり、11はマイクロ波と光との位相速度を整合するためのオーバーレイであり、12は低屈折率部である。

本発明により高速・低駆動電圧動作が可能となる。

なお本発明はx-cut LiNbO<sub>3</sub>基板やLiTaO<sub>3</sub>等を用いた場合にも有効である。また、光スイッチも実現可能である。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明の光デバイスは、マッハツェンダ光導波路間のギャップを近づけることができるので、帯域を拡大できる。

また帯域を一定とすれば、従来の構成と比較して、電極との相互作用長を長くできるので、駆動電圧を低減できる利点がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例を示す図、

第2図は本発明の原理を説明する図、

第3図(a)、(b)は本発明の効果を表わす図、

ここで駆動電圧は一定としている。パラメータとしてはバッファ層の厚みDを用いている。

これらの図からわかるように、バッファ層の厚みDを厚くすることにより、帯域の極大を与える $2W/2G$ の比が存在することになる。従って電気トリカル3dB帯域に著目すると、バッファ層を厚くし、かつ $2W/2G$ を1程度、すなわち従来よりも大きくすることにより、大幅な帯域改善ができる。

第4図は本発明の第2の実施例を示す図である。シールド導体を用いることにより、マイクロ波と光との位相速度を整合し広帯域化が図れるシールド形位相速度整合光変調器(河野他:1988年電子情報通信学会春季全国大会)に本発明を適用すれば、さらに高速・低駆動電圧動作が可能となることは明らかである。ここで8はシールド導体である。

第5図は本発明を、高誘電率媒質であるオーバーレイ11を用いてマイクロ波と光の位相速度を整合するオーバーレイ形半導体光変調器(河野他:特開昭62-291959)に適用した第3の実施例を示す図

第4図および第5図は本発明の第2の実施例および第3の実施例を示す図、

第6図は従来の光変調器の一例を示す図、

第7図は従来の光変調器の他の例を示す図である。

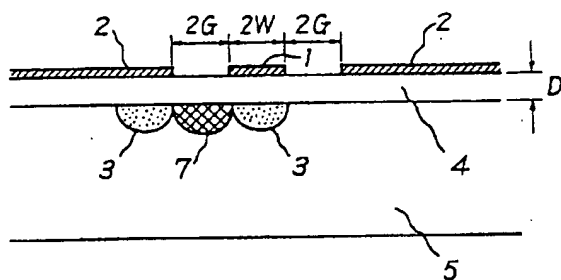
- |                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| 1…中心電極           | 2…アース導体                 |
| 3…マッハツェンダ光導波路    |                         |
| 4…バッファ層          | 5…LiNbO <sub>3</sub> 基板 |
| 6…溝              |                         |
| 7…MgO 拡散による低屈折率部 |                         |
| 8…シールド導体         | 9…半導体基板                 |
| 10…半導体光導波路       | 11…オーバーレイ               |
| 12…低屈折率部         |                         |

特許出願人 日本電信電話株式会社

代理人 弁理士 杉 村 曉 秀

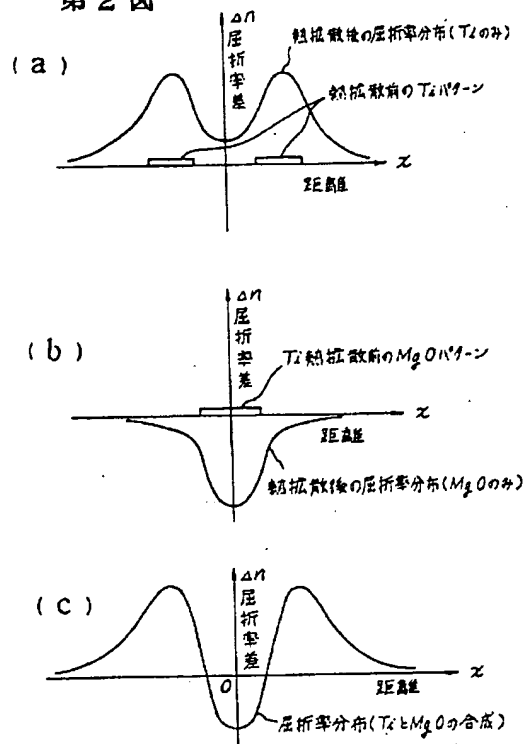
同 弁理士 杉 村 興 作

第1図



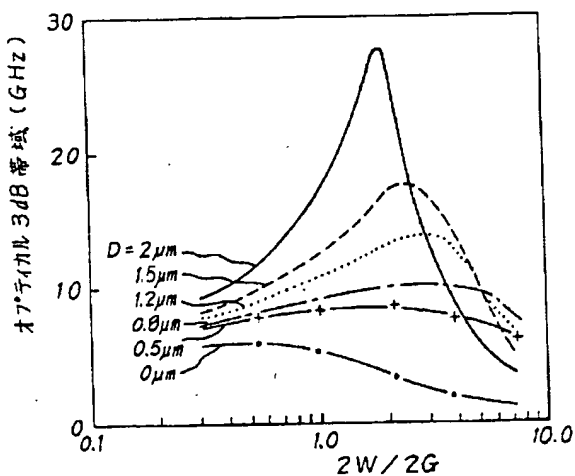
- 1...中心電極  
2...プアス導体  
3...マッハツエンダ光導波路  
4...バッファ層  
5... $\text{LiNbO}_3$ 基板  
7... $\text{MgO}$ 拡散による低屈折率部

第2図



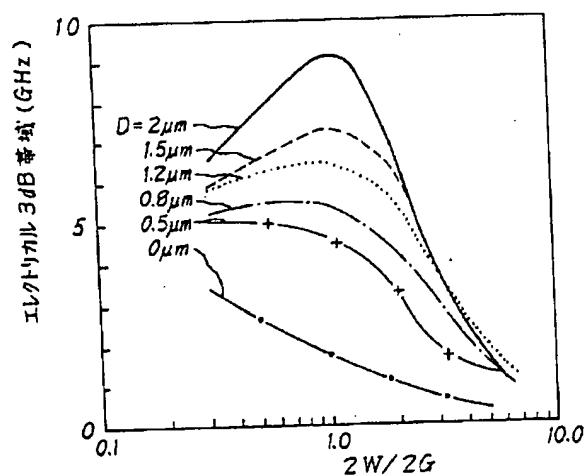
第3図

(a)

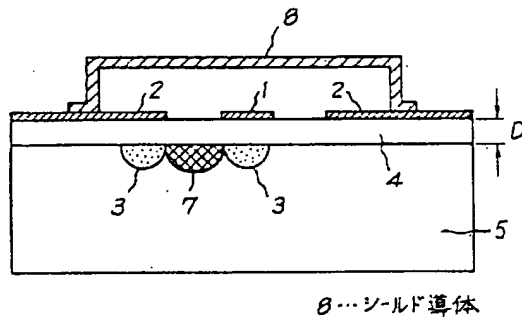


第3図

(b)

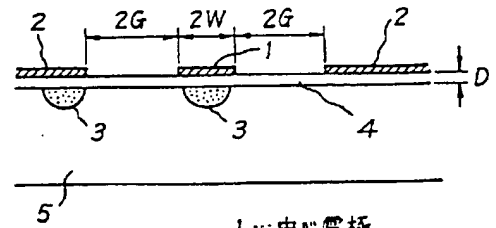


第4図



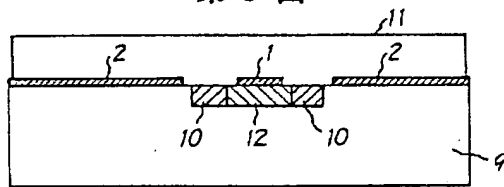
8...シールド導体

第6図



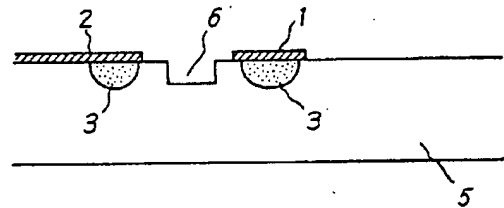
1...中心電極  
2...p-型導体  
3...マッハツエング光導波路  
4...バッファ層  
5...LiNbO<sub>3</sub>基板

第5図



9...半導体基板  
10...半導体光導波路  
11...オーバーレイ  
12...低屈折率部

第7図



6...溝